



TITLE:

STUDY ON PLUTONIUM UTILIZATION IN PRESSURIZED WATER REACTOR CORES(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Mori, Masaaki

CITATION:

Mori, Masaaki. STUDY ON PLUTONIUM UTILIZATION IN PRESSURIZED
WATER REACTOR CORES. 京都大学, 1997, 博士(工学)

ISSUE DATE:

1997-03-24

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/202279>

RIGHT:

氏 名	もり 森	まさ 正	あき 明
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	工 博 第 1578 号		
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日		
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当		
研究科・専攻	工 学 研 究 科 エ ネ ル ギ ー 応 用 工 学 専 攻		
学位論文題目	STUDY ON PLUTONIUM UTILIZATION IN PRESSU- RIZED WATER REACTOR CORES (PWRにおけるプルトニウム利用に関する研究)		
論文調査委員	(主 査) 教 授 神 田 啓 治	教 授 三 島 嘉 一 郎	教 授 藤 田 薫 顕

論 文 内 容 の 要 旨

エネルギー資源の大半を海外からの輸入に頼っている我が国にとって、現在蓄積しつつある使用済ウラン燃料の再処理によって生じるプルトニウムは、貴重な準国産エネルギー資源と見なすことができ、長期的視野に立ってその有効利用を進めることが重要と考えられる。高速増殖炉（FBR）開発計画の遅れから、豊富な運転実績を持つ既存の軽水炉（LWR）を用いてプルトニウムを余剰されることなく燃焼させること（プルサーマル計画）の重要性がますます高まってきている。本論文は、我が国の LWR の半数近くを占める加圧水型軽水炉（PWR）に、プルトニウムをウラン-プルトニウム混合酸化物（MOX）として利用する際に生じる炉物理上の問題について研究したものであり、6章から成っている。

第1章は緒言で、研究の背景、意義などを記述している。

第2章は、プルトニウムの富化度の高い、いわゆる高富化度 MOX 燃料の解析手法の検討とその臨界実験解析に関するものである。

既存の PWR を用いたプルサーマル炉心の特性上の制約から、MOX 燃料集合体はウラン酸化物（ UO_2 ）燃料集合体と混在して装荷する必要がある。この場合、 UO_2 燃料集合体から MOX 燃料集合体への熱中性子の流れ込みが生じ、MOX 燃料集合体外周部の核分裂を促進する。そのため、集合体内の出力ピーキングを抑制するためには、外周部の Pu 富化度を低下させるなど富化度分布を設ける必要がある。そこで、MOX 燃料集合体外周部の燃料棒単位の出力分布を精度良く評価する上で特に重要な、中性子スペクトル干渉効果について検討を行い、ノード内の2群核定数の局所的空間変化を炉心計算において取扱う中性子スペクトル干渉モデルを開発した。我が国で使用することが予定されている高富化度 MOX 燃料に対応するために、新たに開発された改良計算手法を用いて、国際協力による臨界実験計画（VIP）の高富化度 MOX 燃料臨界実験の解析を行った。これらの改良計算モデルを適用することによって、燃料棒出力分布を高精度で計算できることを実証した。

第3章は、ガドリニア入り MOX 燃料集合体の核集合体の核設計に関するものである。

第3章は、ガドリニア入り MOX 燃料集合体の核設計に関するものである。

我が国の MOX 燃料は Pu 富化度が高いため、 UO_2 燃料と混在して炉心内側に装荷された場合、燃料健全性及び炉心の安全性を確保するためには、MOX 燃料の出力ピーキングを可燃性毒物棒 (BPR) で抑制する必要がある。放射性廃棄物となる使用済み BPR の蓄積を抑制するためには、新品の BPR の使用をできるだけ低減する必要があるので、ガドリニア入り UO_2 燃料棒と MOX 燃料棒を組み合わせた、ガドリニア入り MOX 燃料集合体の核設計を行い、その有効性を評価した。その結果、ガドリニア入り UO_2 燃料棒を集合体外周部に配置することによって出力ピーキングを抑制することが可能であり、しかも、集合体内の富化度分割数の低減が可能であることを示した。

第4章は、超ウラン元素 (TRU) 専焼燃料の可能性検討に関するものである。

今後大きな問題となると予測されるウランやプルトニウムからの核変換によって生成するネプチウムやアメリシウム等のマイナーアクチニドの処分法としては地層処分が有力視されているが、超長半減期のこれらの核種 (^{237}Np : 半減期214万年, ^{241}Am : 半減期433年, ^{243}Am : 7,371年) を負の遺産として次世代に残ることを避ける一方策として、これを原子炉あるいは加速器を用いて消滅処理すると共に燃料サイクル中に閉じ込めるという考え方がある。プルトニウムの有効利用及びマイナーアクチニドの処分方法の選択肢の1つとして、これら TRU を集中的に装荷する燃料を軽水炉に少数体装荷すれば、炉心特性を著しく悪化させることなく、TRU の集中装荷及びマイナーアクチニドの消滅が期待できることを示した。

第5章は、TRU を利用する超長寿命燃料の概念設計に関するものである。

TRU 専焼燃料集合体にマイナーアクチニドを集中装荷することにより、特別の取り扱いを要するマイナーアクチニド装荷燃料集合体数を限定することが可能となるが、燃料加工、輸送等の技術的課題を増大させると考えられる。より現実的なケースとしては、マイナーアクチニドの消滅よりもむしろ燃料サイクル中への閉じ込めに主眼を置き、使用済燃料中の核種割合でプルトニウムと共にマイナーアクチニドを MOX 燃料としてリサイクルすることが考えられる。そこで、プルトニウムと共に超長半減期のマイナーアクチニドを既存の PWR へ集中装荷する超長寿命燃料の概念設計を行った結果、マイナーアクチニドを可燃性毒物として活用することによって、出力ピーキングを抑制しつつ、20～25wt% の高富化度の超長寿命燃料集合体を UO_2 燃料集合体と共存させて既存 PWR に装荷することが可能であること、しかも、コスト的にもメリットが生じる可能性があることを示すことができた。

第6章は結論で、本研究で得られた成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

我が国においては、軽水炉を用いた原子力発電が総発電量の3割程度を占めている。また、軽水炉の使用済核燃料の再処理によって得られるプルトニウムは準国産資源として位置付けられ、その有効利用が考えられている。本論文は、既存の加圧水型原子炉 (PWR) におけるプルトニウムの利用に関して、種々の角度から炉物理的考察を行ったもので、主な成果は以下の通りである。

1. プルトニウムは PWR では混合酸化物 (MOX) 燃料として使われるが、欧米で従来用いられていた核設計手法では高富化度 MOX 炉心の臨界実験を十分説明しきれないので、新たにこれに対応でき

る核設計手法を開発し、臨界実験の解析精度を飛躍的に向上させた。

2. PWR が長期間の連続運転に耐えるようにするためには、可燃性毒物を使用しなければならないが、ガドリニウム酸化物を可燃性毒物として利用する新しい MOX 燃料の設計概念を示した。
3. 上記の核設計手法を用いて、使用済燃料の再処理によって発生するプルトニウムと共に、超長半減期のマイナーアクチニドを既存の PWR に装荷して消滅処理を行う新しい核燃料の概念を示すとともに、さらにマイナーアクチニドを積極的に可燃性毒物として使用した超長寿燃料という新しい核燃料集合体の概念を示した。

これらは、原子炉物理学の発展に大きく寄与するとともに、既存の PWR にプルトニウムを利用するときの問題点に対して解決法を示し、超ウラン元素の利用について新しい方法を提案するなど、学術的にも実際的にも極めて重要な知見を得ている。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 9 年 1 月 21 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。